

浅析地球物理深部探测对胶东金矿成矿的指示

马晓东^{1*} 熊玉强² 李胜虎¹ 刘强¹ 王海芹¹ 李增胜¹ 吕青³

1 山东省地质科学研究所、山东省金属矿产成矿地质过程与资源利用重点实验室、自然资源部金矿成矿过程与资源利用重点实验室, 济南 250013;

2 中化地质矿山总局山东地质勘察院 济南 250013; 3 山东省第七地质矿产勘察院, 临沂 276006

成矿系统中源-运-储的演化过程会在地球一定空间范围内, 留下各种具有特殊的密度、速度、磁性、电性等地球物理特征的“遗迹”, 通过现代先进的地球物理技术手段可以探测刻画分析这些“遗迹”的变化及演化特征, 从而可以开展进行多种不同尺度的成矿预测(吕庆田等, 2019)。作为中生代岩浆活动较广泛的我国东部的胶东地区近年来已累计查明金资源量已超过 5000t, 目前随着区内找矿开发利用深度的不断增加以及成矿找矿理论研究的逐步深入, 需要对区内深部的地质体、结构构造发育特征及与金成矿的关系进行更加深入的全面研究, 地球物理深部探测的工作将发挥十分重要的作用。本次探索了基于地球物理深部探测在金矿成矿预测中的应用, 进一步梳理总结了胶东金矿集区深部的壳幔结构构造、流变学等特征及与金成矿的关系; 以期为全面深入认识胶东金矿的成矿深部过程及下一步深部探测找矿等提供些许参考帮助。

依据程先琼等(2004, 2006)获得的全球地幔流的垂直运动模式, 显示本区位于欧亚大陆地幔下降冷流区和起源于核幔边界的地幔热隆上升热流引起的太平洋地幔物质上升热流区的交界部位, 也处于古太平洋板块的扩张俯冲区带中。陈欢(2017)和彭籽壹(2020)根据以往的中国东部深部地震 P 波速度层析成像图; 显示了古太平洋板块已俯冲至中国东部地幔转换带, 由北向南古太平洋板块俯冲角度越来越陡, 俯冲距离愈来愈长, 破坏程度也越来越大, 南部区域的古太平洋板块已发生破裂掉块软化, 板块上下两侧及南部、北上部的软流圈流体已发生贯通; 暗示古太平洋板块在俯冲过程中其俯冲角度和方向曾发生变化, 其下部软流圈物质沿俯冲洋板块的撕裂位置及地幔楔发生热隆上涌。有些学者通过获得的中国东部地壳及上地幔 S 波速度结构, 推测该区下部软流圈厚度增加及存在软流热物质发生上涌并导致华北克拉通岩石圈发生破坏拆沉减薄(黄忠贤等, 2009)。杨文采等(2007)通过获得的高分辨率 S 波地震层析成像研究, 认为胶东地区下方存在波速剧烈变化的上地幔破碎带及发育地幔热羽柱; 由深至浅地幔柱热物质流的运动方向逐渐由垂直向水平方向扩散转变, 使地幔热柱头扩散活化热晕(蓝白区)在上地壳中变的更为宽大(图 1); 由于胶东的三山岛、焦家、玲珑等三个金资源量超千吨的金矿带都分布在地幔热隆柱头扩散热晕内, 初步推测扩散热晕内的招远-荣成地区的深部具有很好的成矿找矿前景。Yu GP et al. (2020)通过获得了胶东半岛的精细地壳结构, 显示胶东上地壳中存在着以拆离断层为主的横向拉张作用, 如地壳浅部的招平断裂等缓倾斜的拆离断层, 最终汇聚于与莫霍面附近的低速区相连通的中地壳低速区; 初步推测该区的缓倾拆离伸展断层深部具有很好的成矿找矿前景。根据前人开展的贯穿三山岛、焦家、招平断裂带的高精度反射地震剖面测量, 揭示该区具有很好的剪切走滑、X 状共轭等金矿成矿热隆岩浆热液上涌定位的伸展断裂构造(Yu XF et al. 2018)。俞贵平等(2020)利用胶东半岛上地壳 8km 以浅的 S 波速度结构, 认为该区 2km 以下存在可能是岩浆上涌(本次推测)、岩石破碎或流体蚀变等造成的断续低速体(图 2d 的浅橙色区), 并与上部三山岛、招平等断裂相连通; Zhan-Ke Li, et al. (2023)认为玲珑矿田金矿化的成矿流体与成矿物质, 主要来源于该测线北部的玲珑金矿区深 2194m 钻孔 ZK1 揭露的厚 120m 含矿致矿黑云母二长闪长岩体(未穿透)为代表的岩浆活动, 由图 2d 可知该含矿致矿岩体分布于招平断裂下部的断续低速体(浅橙色区)的上部, 推测该区低速体是由该含矿致矿岩体的岩浆活动导致的, 本次认为由于胶

东地区浅部的大规模伸展拆离型等断层与其下部的含矿致矿侵入岩体导致的断续低速体相连通，初步推测区内的台陡、桃村、郭城、牟平、海阳、金牛山等断裂带的深部具有很好的成矿找矿前景。

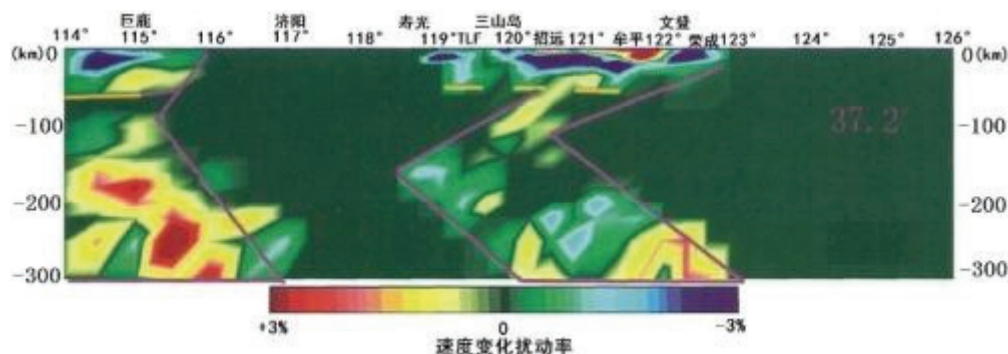


图 1 沿北纬 37° 20' 剖面地震 S 波层析成像图 (据杨文采等, 2007)

红黄区为活化热体; 蓝白区为活化热晕; 蓝紫区为滞留冷体; 黄色水平线为岩石圈底界; 玫瑰红线为上地幔破碎带位置

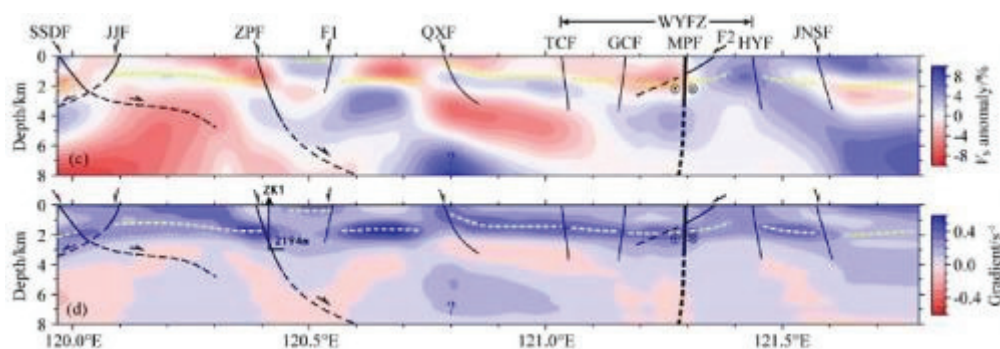


图 2 S 波速度成像结果图 (据俞贵平等, 2020)

(c) S 波速度扰动图; (d) S 波垂向速度梯度图, 黑色实线为地表主要断裂, 黑色虚线为推测断裂, 箭头为拆离断层的滑动方向, 黄色虚线为高速间断体; JJF 为焦家断裂带; ZPF 为招平断裂带; QXF 为台陡断裂带; TCF 为桃村断裂带; GCF 为郭城断裂带; MPF 为牟平断裂带; HYF 为海阳断裂带; JNSF 为金牛山断裂带; ZK1 为玲珑金矿区的深 2194m 的钻孔。

综上, 胶东金矿的形成主要是由起源于地球核幔边界的地幔热隆流体上升引起的古太平洋板块扩张俯冲, 由于俯冲方向和角度发生变化引起的剪张作用, 导致地幔热隆软流物质沿俯冲洋板块撕裂位置及地幔楔发生上涌并软化萃取沿途中的成矿物质, 并在因剪张破坏引起华北克拉通东部胶东岩石圈内产生的 X 状共轭剪切、拆离、超壳走滑等伸展断裂中上涌定位成矿。初步推测区内的台陡、桃村、郭城、牟平、海阳、金牛山等断裂带的深部具有很好的成矿找矿前景。

本研究由自然资源部金矿成矿过程与资源利用重点实验室和山东省金属矿产成矿地质过程与资源利用重点实验室开放课题基金项目 (编号: Kfkt202125); 山东省自然科学基金面上项目 (ZR2022MD113、ZR2020MD030、ZR2021MD052) 联合资助。

参考文献

杨文采等. 华北东部上地幔破裂带. 地质学报, 2007, 81(10):1305-1313.

俞贵平等. 胶东地区晚中生代伸展构造与金成矿: 短周期密集台阵背景噪声成像的启示. 地球物理学报, 2020, 63(5):1878-1893.